

カーボンニュートラル実現に向けたGX分野における宇宙技術の貢献

(一財) 日本宇宙フォーラム

小林 功典

1. 調査研究のバックグラウンドと目的

深刻な気候変動問題に対応し、脱炭素社会を実現することは、世界共通の重要課題であり、脱炭素への対応は、近年、国・政府のみならず、事業を営むすべての企業・団体等にとっての重要な課題となっている。特に、日本国内においては、2020年10月の菅首相（当時）による「2050年カーボンニュートラル宣言」以来、脱炭素に向けた流れが急激に加速した。2050年カーボンニュートラルは、日本国内における温室効果ガスの排出量を全体で実質ゼロにすることである。カーボンニュートラル実現のために、世界的に提唱されているのが「グリーントランスフォーメーション（GX）」であり、化石エネルギー中心の産業・社会構造を、クリーンエネルギー中心の構造に転換していく、経済社会システム全体の改革への取り組みを指している。

特に、宇宙技術を活用することにより、資源部門、産業部門、消費部門での取り組みといったGX全体のサイクルを加速させるためのカーボンプライシングによるGX投資のインセンティブを与える活動に大きく貢献できる可能性がある。排出権取引に必要な温室効果ガスの排出量のエビデンス、カーボンストック量の算出など、GXの推進に向けて宇宙技術がいかに使われてきているか、GXの具体的な推進スキームとしてどのようなものがあるかを網羅的に調査した他、それらに対して宇宙技術がどのように貢献し得るか、宇宙技術を用いることにより将来的にどのようなインパクトが得られるかについての考察を行う。この目的の下、本調査研究では以下の調査を行った。

- ①カーボンクレジット認証を中心としたGXの具体的な推進スキームの調査
- ②衛星リモートセンシング等、宇宙技術を用いたGXに資する利活用の現状と事例調査
- ③GXに対する宇宙技術適応の課題
- ④宇宙技術の将来的なGXへの貢献の可能性の考察と気候変動対策に与えるインパクト評価

2. 調査内容と方法

我が国のGXの取り組みに関する政府の取り組みに関するウェブでの公開資料、各認証機関のウェブサイト、各企業のウェブサイトやプレスリリース記事、GX関連を扱ったシンクタンク等の調査報告書から情報を抽出し、整理した。また、宇宙航空研究開発機構（JAXA）などの宇宙関連機関や、特に宇宙技術を用いたカーボンクレジット関連での取り組みを行っている民間企業6社にヒアリングを行い、取り組み状況などについて整理した。

3. 調査結果

(1) カーボンクレジット認証を中心としたGXの具体的な推進スキーム

カーボンクレジットとは、主に企業間で温室効果ガスの排出削減量を売買できる仕組みのことで、環境活動によって生まれた温室効果ガスの削減量や吸収量を数値化し、クレジットとして認証された排出権を他の企業と取引する。これにより、どうしても自分で削減できない温室効果ガスの排出量を、カーボンクレジットを購入することで埋め合わせ（オフセット）できるようにな

る仕組みである。カーボンクレジットを認証する仕組みは、「国際的な認証機関によるもの」、「国内の認証機関によるもの」、「民間の認証機関によるもの」等がある。

分類		取り組み事例	利用方法
国連・政府主導 (Certified Emission Reduction, CER)	国際条約ベース	パリ協定メカニズム(CDM) 二国間クレジット(JCM等)	・ COPに基づく各国の設定目標達成に活用
	国内制度ベース	J-Credit(日本) CCER(中国) ACCUs(豪州)	・ 事業者が国内の制度により課せられた目標達成に活用 ・ 事業者が自社目標達成・削減貢献のPRに活用
民間主導 (Verified Emission Reduction, VER)	クレジット認証・発行機関ベース	VCS, GS, ACR, CARA等	・ 事業者が自社目標達成・削減貢献のPRに活用

クレジット認証制度の分類

(出典：(株) 野村総合研究所「カーボンクレジットの直近の動向」)

(2) 衛星リモートセンシング等、宇宙技術を用いたGXに資する利活用の現状と事例調査
カーボンニュートラル実現に向けてカーボンクレジット市場の拡大が注目を集める中、カーボンクレジット取引に衛星リモートセンシングなどの宇宙技術を用いる動きが近年始まっている。カーボンクレジット市場は吸収する温室効果ガスの量によって取引金額が決まるため、排出量取引に参画するモチベーションのためにはできる限り多くの温室効果ガスの吸収量を取引できる要素が重要になる。

①森林資源（グリーンカーボン）の把握

日本は国土の50%以上を森林に覆われており、温室効果ガスの抑制という点において重要な資源を有している。森林は生き物であり、永久に固定されているわけではなく、行政において森林の変化の監視・森林資源の定期的な把握は極めて重要な課題となっている。森林面積は広範囲に及ぶことから地上で人がくまなく現場に行き調査を行うことは極めて効率が悪く、これまでも地上からのレーザ測量、航空機によるレーザ測量などが行われてきているが、膨大なコストがかかる上、観測できる範囲が局所的に限定されてしまっている。衛星からの観測は広域性が大きな特徴であり、衛星から森林を観測することにより森林の種類、立木本数、材積量が把握できれば森林域全体の資源量、すなわちカーボンストックを把握することができ、排出権取引のためのデータとして極めて有効な手段となる。

②海草、海藻（ブルーカーボン）の分布量把握

ブルーカーボンは沿岸・海洋生態系に取り込まれ、そのバイオマスやその下の土壌に蓄積さ

れる炭素を固定する海草や海藻などであり、海洋国家の我が国においても極めて重要な資源である。ブルーカーボンの蓄積量が多く素早く吸収できる海洋生態系は、二酸化炭素の吸収量を増やすための資源として近年、注目を集めている。しかし、同時に、世界中の海洋に存在するブルーカーボンのエリア評価が困難であり、計画立案が進行していないという課題もある。ブルーカーボンの種類、分布などを把握するためには海中に潜水しての調査が必要となるが、高いコストがかかる上に、局所的な範囲しか調査できない。衛星からの観測により、海の透明度などのパラメータを勘案してブルーカーボンの種類や分布が把握できれば、極めて効率的にカーボンストック量の算出が可能になる可能性がある。

③温室効果ガス（メタンや二酸化炭素）の発生抑制

農家が稲作を行う際に実施している中干しによる発生メタンの削減がある。水田土壌由来のメタンは、我が国の人為起源メタン発生量の約 30 %を占め、水田は重要な温室効果ガス発生源となっている。中干しとは、水稻作において最高分けつ期頃で、水の必要程度の最も少ない時期に、1~2 週間程度水田から水を抜き、乾燥させることで、増収、品質向上させる手法・慣行である。この中干し期間を 1 週間程度延長することで、コメ収量への影響を抑えつつ水田からのメタン発生を約 30 %削減できることが研究機関の調査で明らかになっている。この中干し延長手法を実施したかどうかを確認するために衛星を用いて、水田の水がどの程度の期間抜かれていたかを確認することにより、客観的エビデンスとして GX を促進に資するものとなる。

4. 考察とまとめ

(1) 宇宙技術適応における技術的課題

より正確で信頼性のあるデータであれば排出量がきちんと抑制されたことが認められ、一般的に高い単価でクレジット化することが可能となる。そのため、カーボンクレジット市場におけるエビデンスとしての期待は、可能な限り正確な観測であり、衛星観測などの宇宙技術の適応においても同様のリクワイアメントが求められることが多い。森林を中心としたグリーンカーボンの場合、理想的なのは木の一本一本を正確に判読し、全体の立木本数を観測できることである。現状では、光学衛星データは高分解能のもので数十センチの地上分解能のものがあるが、それらの高分解能光学衛星データを用いたとしても、森林の木を全数抽出できる解析レベルには至っていない。日本が認証しているカーボンクレジット制度である Jクレジット制度においては、衛星データを用いたモニタリングはまだ認められておらず、今後、観測・解析精度の向上と共に、方法論として確立することが期待される。

また、クレジットの種類によっては衛星観測のデータ取得頻度が課題になる。水田メタンの排出抑制の場合、現状では現場で水を抜いて乾燥期間を一定期間継続させていたことを定期的を確認しながらエビデンスを残している。この確認作業に非常に手間がかかり、その作業を衛星による観測に置き換える手法が検討されている。その場合、毎日~数日に 1 回確認する作業を代替させることになるため、衛星による観測においても同程度の頻度での観測が必要になる。土壌の表面に水があるか無いかを判読するためには、光学ではなく、合成開口レーダ（SAR）と呼ばれ

るマイクロ波による観測を用いるが、JAXA が運用する SAR 衛星は「だいち 2 号 (ALOS-2)」及び「だいち 4 号 (ALOS-4)」の 2 機しかなく、後者はまだ観測を始めたばかりである。

(2) 宇宙技術適応における制度的課題

衛星データを用いたモニタリングが方法論として認められるためには、衛星によるモニタリングのアイデアの提案、どの程度の正確さでモニタリングできるのかの科学的エビデンスの確立／論文等による積み上げ、各カーボンクレジット市場のルールの中での方法論としての認定、と長いプロセスが必要となる。ボランタリークレジットの場合は認められるハードルが比較的低い、JCM などでのコンプライアンス市場においてははまだ認められるまでのハードルが高いという声がある。水田メタン抑制のモニタリングでは、まずは Verra や Gold Standard といったボランタリークレジットでの登録を目指す事業者がおり、その延長線上で JCM でも認めてもらう流れを想定している。ボランタリークレジットではなかなか利益がでないため、最終的には JCM でのクレジット化を目指す事業者が多い。

(3) 宇宙技術適応における制度的課題

衛星データは無償で利用できるものもあるが、それらは低から中分解能のものである。精度をだすために高分解能の衛星データを利用する、もしくは組み合わせることが多く、有償の高分解能衛星データの購入コストが課題となってくる。カーボンクレジット市場において排出量のモニタリングに衛星データを取り入れることのメリットは、広範囲のモニタリングや自動化による手間の削減などになるが、かかるコストとの見合いになる。クレジットの単価は市場や需給によって変動するため、衛星データのコストがどの程度であればビジネスモデル上成立するかは定量的には判断できないが、衛星データのコストが高ければ高いほど成立性は難しくなる。特に、水田メタンの排出抑制のモニタリングなど、毎日～数日に 1 回確認をする必要がある場合には、大量の衛星データを継続して購入しないといけない可能性がでてくるため、森林に比べると衛星データの購入量によるコスト増加が想定されるため、無償衛星データとの組み合わせやモデルによる必要衛星データ数の削減などの工夫が求められる。なお、森林においても、既述の通り、木を一本一本確認する必要がある場合は数十センチクラスの高分解能な光学衛星データが必要となり、1 枚の衛星データであっても数十万円～数百万円必要になる可能性がある。

(4) 気候変動対策に与えるインパクト

地球上のメタンについて、発生量の 4 割以上が稲作によるものが占めている現状がある。日本の水田の面積は約 200 万ヘクタールであり、年間で 500 万トン以上のメタンを発生させている。日本においては、中干しの延長で約 3 割程度のメタン発生が抑制できると言われており、単純計算では、全ての水田でこの手法が適用されれば約 150 万トンのメタンの抑制が可能である。温室効果ガスの削減量的にはこの数字になるが、メタンは CO₂ の約 25 倍の温室効果を持つため、実質的な温暖化の抑制効果としてはかなりのインパクトを持つことになる。また、稲作は日本のみならず、東南アジアを中心とした海外でも広く作付けが行われており、各国の宇宙機関等と連携し、論文の投稿や方法論の確立に向けて連携した取り組みを行っている。

以上